

Original

Consumo de oxigênio durante ciclismo na máxima fase estável de lactato sanguíneo até a exaustão: modelo contínuo vs. intermitente

T. Grossl^{a,*}, L.F. Barbosa^b, R.D. de Lucas^a e L.G.A. Guglielmo^a^a Laboratório de Esforço Físico, Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil^b Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 8 de fevereiro de 2013

Aceite a 21 de fevereiro de 2014

Palavras-chave:

Respostas fisiológicas

Capacidade aeróbia

Performance submáxima

Ciclismo

R E S U M O

Objetivo: Analisar o consumo de oxigênio (VO_2) acumulado e o tempo em que o VO_2 é mantido (TM_{cg}) em elevados valores durante o exercício realizado na máxima fase estável de lactato (MLSS) determinada de forma contínua (MLSS_{con}) e intermitente (MLSS_{int}) até à exaustão.

Método: Catorze ciclistas treinados realizaram um teste incremental máximo no cicloergômetro; 2-5 testes contínuos e 2-4 testes intermitentes, para determinação da MLSS_{con} e MLSS_{int} , respectivamente; por fim mais 2 testes até a exaustão (TTE) (contínuo e intermitente), conduzidos nas respectivas cargas de MLSS .

Resultados: O TTE contínuo foi significativamente menor do que o TTE intermitente ($54,7 \pm 10,9$ vs. $67,8 \pm 14,3$, respectivamente; $p = 0,001$). O VO_2 da carga ($\text{VO}_{2\text{cg}}$) foi significativamente maior na condição intermitente ($p < 0,05$), em ambas as situações (MLSS e TTE). Por outro lado, o TM_{cg} e o VO_2 acumulado na carga ($\text{VO}_{2\text{ACcg}}$) foram maiores na condição contínua ($p < 0,0001$), em ambas as situações. O total de VO_2 acumulado ($\text{VO}_{2\text{ACT}}$) foi similar entre as condições contínuas e intermitentes ($104,7 \pm 8,7$ L vs. $103,9 \pm 41,1$ L para a MLSS e $193,8 \pm 41,1$ L vs. $226,4 \pm 53,0$ L para o TTE, respectivamente).

Conclusão: Os exercícios contínuo e intermitente realizados com a mesma duração ou até a exaustão, e em condições metabólicas similares, apresentam valores de $\text{VO}_{2\text{ACT}}$ similares, embora o TM_{cg} e o $\text{VO}_{2\text{ACcg}}$ sejam inferiores no exercício intermitente.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Consumo de oxígeno durante ciclismo en la máxima fase estable de lactato sanguíneo hasta el agotamiento: modelo continuo vs. intermitente

R E S U M E N

Objetivo: Analizar el consumo de oxígeno (VO_2) acumulado y el tiempo en que el VO_2 es mantenido (TM_{cg}) en valores elevados, durante el ejercicio realizado en la máxima fase estable de lactato (MLSS), determinada de forma continua (MLSS_{con}) e intermitente (MLSS_{int}) hasta el agotamiento.

Método: Catorce ciclistas entrenados realizaron un test incremental máximo en el cicloergómetro; 2-5 test continuos y 2-4 test intermitentes, para determinación de la MLSS_{con} y MLSS_{int} , respectivamente; por último realizaron 2 test hasta el agotamiento (TTE) (continuo e intermitente), a las respectivas cargas de MLSS .

Resultados: El TTE continuo fue significativamente menor que el TTE intermitente ($54,7 \pm 10,9$ vs. $67,8 \pm 14,3$, respectivamente; $p = 0,001$). El VO_2 de la carga ($\text{VO}_{2\text{cg}}$) fue significativamente mayor en la condición intermitente ($p < 0,05$), en ambas situaciones (MLSS y TTE). Por otro lado, el TM_{cg} y el VO_2 acumulado en la carga ($\text{VO}_{2\text{ACcg}}$) fueron mayores en la condición continua ($p < 0,0001$), en ambas las situaciones. El total de VO_2 acumulado ($\text{VO}_{2\text{ACT}}$) fue similar entre las condiciones continuas e intermitentes ($104,7 \pm 8,7$ L vs. $103,9 \pm 41,1$ L para a MLSS y $193,8 \pm 44,1$ L vs. $226,4 \pm 53,0$ L para el TTE, respectivamente).

Keywords:

Physiological response

Aerobic capacity

Submaximal performance

Cycling

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: talitagrossl@gmail.com (T. Grossl).

Conclusión: Los ejercicios continuo e intermitente realizados con la misma duración o hasta el agotamiento, y en condiciones metabólicas similares presentan valores de VO_2Act similares, aunque el TMcg y el VO_2ACcg sean inferiores en el ejercicio intermitente.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Oxygen uptake during cycling at maximal lactate steady state to exhaustion: Continuous vs. intermittent model

A B S T R A C T

Palabras clave:

Respuestas fisiológicas
Capacidad aeróbica
Prueba submáxima
Ciclismo

Objective: The aim of this study was to analyse the accumulated oxygen uptake (VO_2), as well the maintained time (TMcg) at high levels during a maximal lactate steady state (MLSS) exercise, determined in continuous (MLSS_{con}) and intermittent (MLSS_{int}) modes, until exhaustion.

Method: Fourteen trained cyclists performed an incremental maximal testing; 2-5 continuous and 2-4 intermittent constant workload trials, in order to identify the MLSS_{con} and MLSS_{int}, respectively; two tests until exhaustion (TTE) (continuous and intermittent) were conducted using their respective MLSS workloads.

Results: The continuous TTE was significantly lower than TTE at intermittent protocol (54.7 ± 10.9 vs. 67.8 ± 14.3 min; $p = 0.001$). The VO_2 at target workload ($\text{VO}_{2\text{cg}}$) was higher at intermittent exercise ($p < 0.05$), at both situations (MLSS and TTE). On the other hand, TMcg and the VO_2 accumulated in MLSS workloads (VO_2ACcg) were higher during continuous mode ($p < 0.0001$), at both situations. The total VO_2 accumulated (VO_2Act) was similar between intermittent and continuous cycling (MLSS: 104.7 ± 8.7 L vs. 103.9 ± 41.1 L and TTE: 193.8 ± 41.1 L vs. 226.4 ± 53.0 L, respectively).

Conclusion: When MLSS continuous and intermittent were performed with same duration or until exhaustion, the VO_2Act was similar, although the TMcg and VO_2ACcg were smaller during intermittent exercise.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introdução

A máxima fase estável de lactato (MLSS) representa a mais alta concentração de lactato sanguíneo que pode ser mantida ao longo do tempo, sem um contínuo acúmulo no sangue¹. Além de representar o limite superior do domínio fisiológico pesado, a MLSS parece indicar uma intensidade interessante para prescrição do treinamento de *endurance*, já que o treinamento sistemático com cargas acima deste limite pode conduzir o atleta ao *over-reaching* e *over-training*²⁻³.

A realização de exercícios intermitentes que, por padrão, consistem de breves períodos de trabalho de alta intensidade interrompidos por períodos relativamente curtos de recuperação, tem sido, em grande parte, utilizado para o treinamento da capacidade aeróbia⁴⁻⁵, traduzindo no que convém-se chamar de treinamento intervalado. Este tipo de treinamento apresenta como grande vantagem a possibilidade de realizar a mesma duração de exercício com uma maior intensidade ou a mesma intensidade por um período de tempo maior comparado ao que seria suportado durante o exercício contínuo.

Essa vantagem se dá em virtude de alterações metabólicas (ressíntese de creatina fosfato e/ou remoção de lactato) ocorridas durante os períodos de recuperação⁶⁻⁷, permitindo que, em intensidades absolutas distintas, sejam alcançadas condições metabólicas similares⁸⁻¹¹. Desse modo, a utilização de intensidades correspondentes à MLSS determinada de forma contínua pode não ser um

método adequado para a prescrição do treinamento intervalado com recuperação passiva⁵ ou ativa¹⁰.

Diferentes estudos¹²⁻¹³ têm demonstrado que o treinamento intervalado pode acarretar adaptações fisiológicas mais eficientes, comparado ao treinamento contínuo. O aumento do estresse sobre as estruturas e processos associados à utilização do (oxigênio) O_2 para a produção de energia tem sido apontado como um dos fatores para tal eficiência. Thevenet et al.¹⁴ sugerem que o tempo em que o consumo de oxigênio (VO_2) é mantido em valores percentuais próximo ao máximo é um bom critério para julgar a efetividade do estímulo de exercício. De acordo com Barbosa et al.¹⁵, tal fator pode não ser capaz de explicar, por si só, a melhor eficiência do treinamento intervalado quando este é comparado ao treinamento contínuo, ambos realizados em intensidade de MLSS. Estes autores observaram que durante um exercício de 30 min, o tempo em que o VO_2 é mantido na carga (TMcg), assim como o VO_2 acumulado na carga (VO_2ACcg) foram maiores no exercício contínuo comparado ao exercício intervalado (utilizando 4 mi de exercício por 2 min de recuperação ativa). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar e comparar o VO_2 acumulado e o tempo em que o VO_2 é mantido em elevados valores durante o exercício realizado na MLSS determinada de forma contínua e intervalada até à exaustão. Baseado em estudos anteriores que relatam os efeitos do exercício intermitente e o comparam com o exercício contínuo, foi hipotetizado que o VO_2ACcg e o tempo em que o VO_2 é mantido próximo aos valores da carga imposta (i.e. MLSS) possam ser semelhantes, em

decorrência do maior tempo de exaustão que o exercício intermitente permite¹⁶.

Métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 14 ciclistas treinados, do sexo masculino (idade = 30 ± 5 anos; massa corporal = $76,5 \pm 7,0$ kg; estatura = $176,9 \pm 5,6$ cm; $P_{\max} = 337 \pm 32,4$ W e; $VO_{2\max} = 59,9 \pm 9,6$ ml kg^{-1} min^{-1}).

Todos os participantes tinham pelo menos 3 anos de experiência com treinamento e competições de ciclismo de nível regional. No período que precedeu o estudo, os atletas treinavam 5–6 dias por semana com um volume de treinamento semanal de 320–360 km. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinki e o protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (protocolo 056/2009).

Modelo experimental e equipamentos utilizados

Os sujeitos foram instruídos a chegarem ao laboratório em repouso e bem hidratados, com pelo menos 3 h pós-prandial e a não realizarem exercícios intensos nas 48 h precedentes aos testes. Cada voluntário realizou os testes no mesmo período do dia (± 2 h) para minimizar os efeitos das variações biológicas¹⁷. Inicialmente, foi realizado um teste incremental máximo em um cicloergômetro com frenagem eletromagnética (Ergo-Fit 167 Cycle®, Pirmasens, Alemanha) para determinar o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\max}$), a potência aeróbia máxima (P_{\max}), a frequência cardíaca máxima (FC_{\max}) e o limiar anaeróbio (LAN).

Para a determinação da $MLSS_{con}$ e $MLSS_{int}$, foram realizados de 2–5 testes contínuos e de 2–4 testes intermitentes de carga constante, respectivamente. Identificadas as cargas de $MLSS$, cada atleta realizou um teste até a exaustão (TTE), em ordem aleatória (contínuo vs. intermitente). A cadência preferida (± 5 rev min^{-1}) de cada participante foi adotada em todos os testes e permaneceu constante em todo o experimento. Todos os testes para determinação da $MLSS_{con}$, $MLSS_{int}$, TTE contínuo e TTE intermitente (TTE_{con} e TTE_{int} , respectivamente), iniciaram com 5 min de aquecimento a 50% da P_{\max} . Os sujeitos realizaram um teste por dia, e estes foram separados por pelo menos 48 h. Cada participante completou todas as avaliações dentro de um período de 3–4 semanas.

O VO_2 foi mensurado respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Quark PFT Ergo®, Cosmed, Roma, Itália). O analisador foi calibrado imediatamente antes de cada teste usando o ar ambiente (assumido que contém 20,94% de O_2 e 0,03% de dióxido de carbono) e foi certificado por um padrão alfa de gases contendo 16,0% de O_2 e 5,0% de dióxido de carbono (White Martins Ltda, Osasco, Brasil). A turbina usada para a determinação da ventilação por minuto teve uma resistência de $<0,7$ cm H_2O L^{-1} a uma taxa de fluxo de $12 L s^{-1}$ e uma acurácia de $\pm 2\%$, sendo calibrada com uma seringa de 3-L (Quark PFT Ergo®, Cosmed, Roma, Italy). A frequência cardíaca (FC) foi gravada continuamente durante todos os testes por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. Amostras sanguíneas (25 μ l) foram coletadas do lóbulo da orelha e foram colocadas dentro de microtubos contendo 50 μ l NaF (1%), e a concentração de lactato sanguíneo ([La]) foi determinada por método eletroquímico (YSL 2700 STAT, Yellow Springs®, OH, EUA).

Protocolo incremental

O teste incremental máximo iniciou a 105 W e teve aumento de 35 W, a cada 3 min, até à exaustão voluntária¹⁸. Cada participante

foi verbalmente encorajado a atingir o máximo esforço. A cadência preferida (± 5 rev min^{-1}) de cada participante foi adotada. Os dados de VO_2 foram reduzidos às médias de cada 15 s. O $VO_{2\max}$ foi o valor mais alto obtido nestes intervalos de 15 s. A obtenção do $VO_{2\max}$ foi verificada utilizando o critério proposto por Howley et al.¹⁹. A FC_{\max} foi o maior valor de FC obtido durante o teste. As amostras sanguíneas foram coletadas durante os 15 s finais de cada 3 min. A P_{\max} foi determinada de acordo com a equação proposta por Kuipers et al.²⁰.

Determinação da máxima fase estável de lactato contínua e intermitente

Para a determinação da $MLSS_{con}$, cada teste de carga constante teve duração de 30 min. A potência do primeiro teste correspondeu a [La] de $3,5$ mmol L^{-1} (LAN), obtido previamente no teste incremental máximo. Amostras sanguíneas foram coletadas no 10.º, 20.º e 30.º min do teste de carga constante, a fim de verificar o comportamento do [La].

A intensidade inicial para determinação da $MLSS_{int}$ foi 5% acima da $MLSS_{con}$. A identificação da $MLSS_{int}$ foi similar ao protocolo contínuo, porém com uma duração total de 35 min, devido aos intervalos de 1 min (recuperação passiva) depois de cada 5 min de exercício com uma razão esforço/pausa de 5:1 (fig. 1). Amostras sanguíneas foram coletadas no 11.º, 23.º e 35.º min (ou seja, na segunda, na quarta e na sexta repetição de 5 min).

Se durante o primeiro teste de carga constante houvesse uma estabilização ou uma diminuição dos valores de [La], os testes subsequentes seriam realizados com um acréscimo de 5% na potência, em dias distintos, até a estabilidade da [La] não fosse mais obtida. Por outro lado, se houvesse um aumento na [La] e/ou não pudesse ser completado devido à exaustão, os testes subsequentes seriam realizados com uma redução da carga (5%).

A $MLSS$, para ambos os protocolos, foi identificada para cada atleta como a mais alta potência que pôde ser mantida com um aumento na [La] menor ou igual que 1 mmol L^{-1} durante os últimos 20 min de exercício^{1,21–22}.

O valor da [La] na $MLSS$ foi calculada como sendo a média do 10.º, 20.º e 30.º min da $MLSS_{con}$ e 11.º, 23.º e 35.º min da $MLSS_{int}$.

Determinação do tempo de exaustão contínuo e intermitente

Todos os sujeitos realizaram um TTE na $MLSS_{con}$ e $MLSS_{int}$ previamente determinadas (fig. 1). O VO_2 foi continuamente mensurado de acordo com os procedimentos utilizados no teste incremental. A partir do 30.º min, a cada 10 min, os participantes ingeriram ~ 100 mL de água com a finalidade de evitar a desidratação. Já no protocolo intermitente, os participantes ingeriram a mesma quantidade de água a partir do 35.º min, a cada 2 intervalos (ou seja, 10 min).

O TTE_{con} e o TTE_{int} foi o total do tempo de exercício realizado em cada uma das cargas. Desta forma, as pausas do protocolo intermitente não foram incluídas para a determinação do TTE_{int} . O critério utilizado para verificar a exaustão, em ambos os protocolos de TTE, foi quando os participantes reduzissem em 5 rev min^{-1} a sua cadência preferida por duas vezes consecutivas ou interrompessem voluntariamente²³.

Cinética do consumo de oxigênio e cálculo do VO_2 acumulado

Para determinar os valores do VO_2 acumulado em cada exercício, inicialmente todas as curvas de VO_2 foram ajustadas matematicamente, para obter a constante de tempo (τ) da cinética do VO_2 . Assim, para estimar a cinética do VO_2 , os valores brutos (respiração a respiração) foram manualmente filtrados, a fim de remover respirações discrepantes (ruído/outlier), definidos como

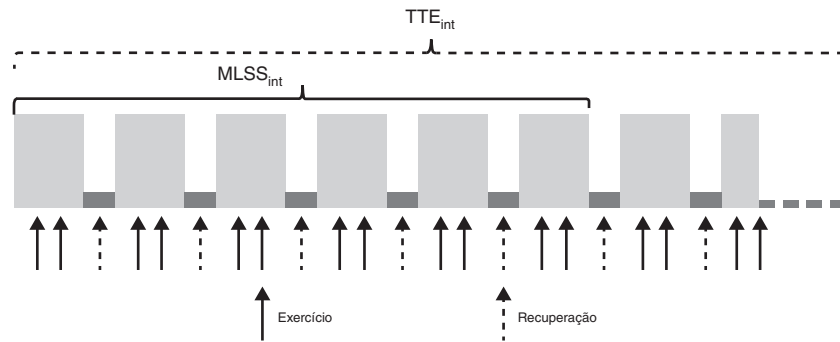


Figura 1. Esquema demonstrativo do exercício intermitente para a determinação da MLSS e do exercício realizado na MLSS até a exaustão. MLSS_{int}: máxima fase estável intermitente; TTE_{int}: tempo de exaustão intermitente.

distantes $\pm 3DP$ da média das 5 respirações anteriores, e interpolados de modo a fornecer valores segundo a segundo. Posteriormente foram calculados valores médios em intervalos de 5 s, além da suavização (*smoothing*) da curva por meio de médias móveis a cada 3 valores. Desta forma, as respostas foram ajustadas utilizando o modelo monoexponencial de acordo com a equação:

$$VO_2(t) = VO_2b + A(1 - e^{-(t/\tau)})$$

onde: $VO_2(t)$ representa o VO_2 no tempo t , VO_2b representa os valores pré-exercício (base), A é a amplitude da assíntota, e o τ (*tau*) representa a constante de tempo para a cinética do VO_2 (definida como o tempo requerido para alcançar 63% de A).

Desta forma, no início do exercício contínuo e no início de cada repetição do exercício intermitente, o tempo para alcançar o VO_2 ajustado (VO_{2aj}), ou seja, o VO_2 assintótico, foi definido como $4,6 \times \tau$. O tempo (TM_{cg}) e o VO_{2ACg} foram obtidos por subtração do tempo para o ajuste do VO_2 do tempo total do período de exercício (30 min para o exercício contínuo e 5 min para cada repetição do exercício intermitente) (fig. 2). O consumo acumulado de oxigênio total (VO_{2Act}) foi calculado por meio da integral da área utilizando o método trapezoidal. Para o exercício realizado de forma contínua o mesmo representa o período total de exercício (30 min ou TTE); já para o exercício intermitente, representa o consumo acumulado durante os períodos de exercício (30 min ou TTE) excluindo os períodos de recuperação. O consumo de oxigênio da carga (VO_{2cg}) foi obtido por meio de média aritmética do minuto final de exercício na MLSS (29.^o-30.^o min durante o exercício contínuo; 34.^o-35.^o min durante o exercício intermitente) ou do minuto final do exercício realizado até a exaustão.

Análise estatística

Os dados estão apresentados como média \pm desvio-padrão (DP). A normalidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste t de Student para dados pareados foi utilizado para comparar todas as variáveis estudadas entre os 2 modos de exercício. A magnitude das diferenças foi verificada pelo critério de *effect size* (ES) e a escala proposta por Cohen²⁴ foi utilizada para a interpretação. As análises foram realizadas utilizando o programa GraphPad Prism para Windows (v. 5,0 GraphPad Prism Software Inc, San Diego, CA, EUA). O nível de significância foi $p < 0,05$ para todas as análises.

Resultados

A tabela 1 apresenta os valores médios \pm DP da potência, TTE e $[La]$ obtidos durante o exercício na carga da MLSS realizado de modo contínuo e intermitente, assim como o ES entre os 2 modos de exercício. Os valores médios de potência, TTE e $[La]$ correspondentes ao exercício contínuo foram significativamente menores quando comparados aos valores obtidos durante o exercício realizado de forma intermitente.

A tabela 2 apresenta os valores médios \pm DP do VO_{2aj} , VO_{2cg} , TM_{cg} , VO_{2ACg} e VO_{2Act} obtidos durante o exercício contínuo e intermitente realizados com 30 min de duração (MLSS) e até a exaustão (TTE). O VO_{2aj} e o VO_{2cg} foram significativamente maiores na condição intermitente ($p < 0,05$) em ambas as situações (MLSS e TTE). O TM_{cg} e o VO_{2ACg} foram significativamente maiores na condição contínua ($p < 0,0001$) em ambas as situações.

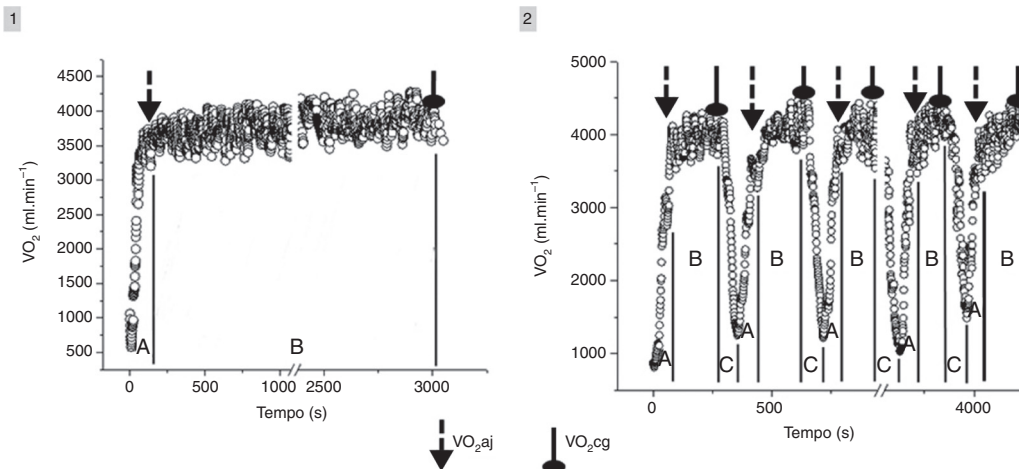


Figura 2. Representação esquemática do consumo de oxigênio durante o exercício contínuo (1) e intermitente (2). A – período necessário para o VO_2 atingir o valor correspondente à carga; B – período onde se considerou que o VO_2 foi equivalente à carga; C – período de recuperação. VO_2 : consumo de oxigênio; VO_{2aj} : consumo de oxigênio ajustado; VO_{2cg} : consumo de oxigênio na carga.

Tabela 1Valores médios \pm DP da potência (absoluta e relativa), da concentração de lactato sanguíneo e do tempo de exaustão no exercício contínuo e intermitente na MLSS. n = 14

| Variáveis | Contínuo | Intermitente | Effect size (descriptor) |
|------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| Potência (W) | 251 \pm 29* | 268 \pm 29 | 0,6 (pequeno/moderado) |
| %P _{max} (%) | 74,3 \pm 3,0* | 79,3 \pm 3,2 | 1,6 (grande) |
| [La] (mmol L ⁻¹) | 3,8 \pm 0,8* | 4,6 \pm 1,0 | 0,9 (moderado) |
| TTE (min) | 54,7 \pm 10,9* | 67,8 \pm 14,3 | 1,1 (moderado/grande) |

%P_{max}: percentual da potência máxima; [La]: concentração de lactato sanguíneo; TTE: tempo de exaustão.

* p < 0,05 comparado ao protocolo intermitente.

O VO₂Act não apresentou diferença entre as condições contínuas e intermitentes.

Discussão

Não há na literatura trabalhos que tenham utilizado condição experimental similar a do presente estudo, em especial, com o intuito de analisar o VO₂ durante o exercício realizado em estabilidade metabólica (i. e. MLSS) determinada de forma contínua e intermitente até a exaustão. Esta abordagem apresenta uma grande importância para a prática do treinamento, pois a realização de um esforço intermitente com carga absoluta similar àquela utilizada durante um esforço contínuo, pode acarretar em uma demanda fisiológica menor, alterando as respostas agudas e crônicas ao exercício.

De acordo com os resultados, podemos refutar a hipótese principal uma vez que, ao comparar o exercício realizado até a exaustão, em condição contínua e intermitente, os valores de VO₂ACcg e o TMcg foram maiores na condição contínua. O mesmo comportamento foi observado quando o exercício foi realizado com duração limitada em 30 min. Esta diferença foi verificada mesmo tendo o exercício intermitente sido realizado em uma carga de trabalho absoluta maior (6,8%) e, consequentemente, apresentando maiores valores de VO₂aj (~7,2%) e VO₂cg (~5,5%). Os dados do protocolo intermitente oriundos deste estudo concordam com os achados de Barbosa et al.¹⁵ que, embora tenham utilizado um protocolo com razão esforço:pausa diferente (4 min de exercício e 2 min de recuperação ativa), observaram valores médios de VO₂ACcg e TMcg maiores para a condição contínua comparado à condição intermitente durante 30 min de exercício. No presente estudo, no que se refere ao exercício contínuo de 30 min foram encontrados valores de VO₂ACcg e TMcg de 94,2 L e 26,4 min, respectivamente, sendo estes similares ao estudo acima citado (96,7 L e 27,1 min, respectivamente). Por outro lado, o exercício intermitente (razão esforço:pausa de 5:1) apresentou valores médios (VO₂ACcg = 48,3 L e TMcg = 13,3 min) superiores ao estudo de Barbosa et al.¹⁵, o qual observaram valores de 35,1 L e 10,1 min para o VO₂ACcg e o TMcg, respectivamente. Assim, o protocolo adotado durante um exercício

intermitente (i. e. razão esforço:pausa) parece alterar a resposta do VO₂ acumulado durante exercício realizado na MLSS.

É importante ressaltar que, no exercício realizado até a exaustão, o TTE foi aproximadamente 24% maior durante o exercício intermitente, fato demonstrado pelo ES que apresentou magnitude moderada a grande (tabela 1).

Deste modo, as vantagens do exercício intermitente em relação às adaptações aeróbias quando comparadas ao exercício contínuo não parecem ser explicadas somente pelo estímulo ao metabolismo indicado pela interação entre o tempo de exercício e a produção oxidativa de energia (i. e., VO₂Act) quando este é realizado em intensidade de MLSS.

De acordo com Billat et al.², quando o treinamento é realizado em intensidades próximas à MLSS, este é capaz de aumentar o tempo de exaustão, assim como a carga nesta intensidade. Para Laursen e Jenkins²⁵ e Philp et al.³ este tipo de treinamento proporciona forte estímulo para a melhora de aspectos submáximos e máximos relacionados à capacidade aeróbia aumentando a performance aeróbia, em especial, de atletas treinados. Isto pode ocorrer em função da possibilidade de maior acúmulo de estímulos quando comparado ao que poderia ser sustentado durante uma sessão de exercício contínuo²⁶.

Os maiores valores de potência na MLSS_{int} (6,8%) em relação a MLSS_{con} corroboram com os dados obtidos por Beneke et al.⁵, Barbosa et al.¹⁵ e de Lucas et al.¹¹, confirmando a necessidade da determinação direta da MLSS_{int}, quando objetivar a prescrição do treinamento intervalado.

O tempo em que o VO₂ permanece próximo ou no valor máximo (>95% VO_{2max}) é um dos fatores que tem sido apontado como importante para a promoção de adaptações sobre o sistema aeróbio, quando o exercício é realizado de forma intermitente próximo à intensidade do VO_{2max}^{27,28}. Diferentemente do que ocorre com o referenciado para exercícios com intensidades máximas (100% VO_{2max}) ou supramáximas (>100% VO_{2max}), a interação entre o tempo e a maior taxa metabólica permitida pelo exercício (VO₂ACcg ou VO₂Act) não parece explicar a possível vantagem do exercício intermitente comparado ao contínuo pois, de acordo com os dados apresentados, o exercício contínuo permitiria este maior estímulo

Tabela 2Valores médios \pm DP do consumo de oxigênio ajustado, consumo de oxigênio na carga, tempo de manutenção do consumo de oxigênio na carga, consumo de oxigênio acumulado na carga e consumo de oxigênio acumulado durante os exercícios contínuo e intermitente. n = 14

| | 30 min- MLSS | | TTE- MLSS | |
|---|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | Contínuo | Intermitente | Contínuo | Intermitente |
| VO ₂ aj (L.min ⁻¹) | 3,5 \pm 0,3* | 3,7 \pm 0,4 | 3,4 \pm 0,3* | 3,7 \pm 0,4 |
| VO ₂ cg (L.min ⁻¹) | 3,6 \pm 0,3* | 3,8 \pm 0,4 | 3,6 \pm 0,4* | 3,8 \pm 0,4 |
| TMcg (min) | 26,4 \pm 0,8** | 13,3 \pm 2,1 | 50,7 \pm 10,8** | 31,1 \pm 7,7 |
| VO ₂ ACcg (L) | 94,2 \pm 9,0** | 48,3 \pm 8,9 | 182,3 \pm 41,3** | 115,0 \pm 28,7 |
| VO ₂ Act(L) | 104,7 \pm 8,7 | 103,9 \pm 22,6 | 193,8 \pm 41,1 | 226,4 \pm 53,0 |

MLSS: máxima fase estável de lactato; TMcg: tempo de manutenção do consumo de oxigênio na carga; TTE-MLSS: tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato; VO₂ACcg: consumo de oxigênio acumulado na carga; VO₂Act: consumo de oxigênio acumulado; VO₂aj: consumo de oxigênio ajustado; VO₂cg: consumo de oxigênio na carga.

* p < 0,05 quando comparado ao protocolo intermitente.

** p < 0,0001 quando comparado ao protocolo intermitente.

ao organismo podendo, inclusive, impor estresse fisiológico por período maior quando o exercício é realizado nesta condição.

De acordo com Daussin et al.²⁹, o treinamento intervalado provoca maior adaptação central (cardiovascular) e periférica (capacidade oxidativa) comparado ao treinamento contínuo quando estes são realizados com trabalho total similar. Os autores apontam ainda que as variações na carga e nos valores de VO_2 observados durante o exercício intermitente parecem ser mais importantes para o aumento da capacidade aeróbia do que a duração do exercício e o gasto energético total. Assim, a maior ativação da sinalização em decorrência das flutuações no *turnover* de ATP e no fluxo de fosfato de alta energia gerados pelas alterações na carga durante o exercício intermitente, intensificariam mais as vias sinalizadoras acarretando em maior biogênese de mitocôndrias³⁰. As maiores adaptações centrais e periféricas promovidas pelo treinamento intervalado podem estar relacionadas às maiores cargas absolutas de trabalho alcançadas e/ou ao maior número de transições realizadas durante o exercício intermitente³¹. Além disto, o maior valor de [La] observado no modo intermitente sugere que, embora existisse equilíbrio entre a liberação e remoção deste metabólito no sangue, o estímulo sobre o sistema glicólico foi mais acentuado do que no exercício contínuo.

Para Jones e Carter³², o aumento da capacidade aeróbia em indivíduos treinados está relacionado, principalmente, com as adaptações ocorridas em nível muscular (i.e. aumento da quantidade de enzimas oxidativas, mitocôndrias, densidade capilar e aumento dos depósitos de energia). Os valores de $\text{VO}_{2\text{Act}}$ em ambos os protocolos e os menores valores de $\text{VO}_{2\text{ACg}}$ verificados no exercício intermitente obtidos em nosso estudo durante o exercício realizado com duração de 30 min ou até a exaustão, e os valores obtidos por Barbosa et al.¹⁵, suportam os dados apresentados por Daussin et al.²⁹, indicando a importância da variação nas taxas de produção de energia para a determinação de adaptações aeróbias.

É preciso ainda considerar que a maior intensidade do exercício intermitente que pode acarretar em maior utilização e adaptações aeróbias das fibras do tipo II e/ou uma mudança no padrão de recrutamento das unidades motoras determinaria um maior recrutamento de fibras do tipo I que, por sua vez, são energeticamente mais eficientes durante um exercício submáximo^{33,34}.

A diversidade de condições nas quais o exercício intermitente pode ser realizado pode representar uma possível limitação para a utilização deste uma vez que estas diferentes condições podem resultar em respostas agudas significativamente diferentes. No entanto, a utilização destes padrões de exercício pode contribuir para o conhecimento de aspectos específicos do exercício intermitente aeróbio submáximo contribuindo desse modo não só para o melhor entendimento das respostas agudas do VO_2 , mas também as implicações que estas respostas podem ter na elaboração e prescrição do treinamento aeróbio.

Finalmente, pôde-se concluir que os exercícios contínuo e intermitente realizados com a mesma duração ou até a exaustão, e em condições metabólicas similares (i.e., MLSS), apresentam valores de $\text{VO}_{2\text{Act}}$ similares, embora o tempo em que o VO_2 é mantido em alto percentual do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e o $\text{VO}_{2\text{ACg}}$ sejam inferiores no exercício intermitente. Desse modo, a possível vantagem do treinamento intervalado não parece ser determinada pela interação entre o tempo de exercício e o VO_2 acumulado, nem mesmo quando o exercício é realizado até a exaustão tal como nas condições do presente estudo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:95–99.
2. Billat VL, Sirvent P, Lepretre PM, Koralsztein JP. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflügers Archiv.* 2004;447:875–83.
3. Philp A, Macdonald AL, Carter H, Watt PW, Pringle JS. Maximal lactate steady state as a training stimulus. *Int J Sports Med.* 2008;29:475–9.
4. Billat V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:13–31.
5. Beneke R, Hütler M, Duvillard SP, Sellens M, Leithäuser RM. Effect of Test Interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1626–30.
6. Yoshida T, Watari H, Tagawa K. Effects of active and passive recoveries on splitting of the inorganic phosphate peak determined by ^{31}P -nuclear magnetic resonance spectroscopy. *NMR Biomed.* 1996;9:13–9.
7. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C, Duffield R. Metabolism and performance in repeated cycle sprints: Active versus passive recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1492–9.
8. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, et al. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:188–96.
9. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 2003;33:407–26.
10. Souza MR, Barbosa LF, Caritá RAC, Denadai BS, Greco CC. Efeito da recuperação na máxima fase estável de lactato sanguíneo. *Motriz.* 2011;17:311–7.
11. de Lucas RD, Dittich N, Babel R Jr, Souza KM, Guglielmo LGA. Is the critical running speed related to the intermittent maximal lactate steady state? *J Sports Sci Med.* 2012;11:89–94.
12. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ. Improving aerobic power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med.* 2005;26:781–6.
13. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve $\text{VO}_{2\text{max}}$ more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:665–71.
14. Thevenet D, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Prioux J. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:133–42.
15. Barbosa LF, Greco CC, Denadai BS. Comparação do VO_2 acumulado durante o exercício contínuo e intermitente na máxima fase estável de lactato sanguíneo. *Rev Bras Fisiol Exerc.* 2010;9:39–44.
16. Grossl T, de Lucas RD, Souza KM, Guglielmo LGA. Time to exhaustion at intermittent maximal lactate steady state is longer than continuous cycling exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012;37:1047–53.
17. Carter H, Jones AM, Maxwell NS, Doust JH. The effect of interdiurnal and diurnal variation on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Sports Sci.* 2002;20:901–9.
18. Denadai BS, Figueira TR, Favarro ORP, Gonçalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res.* 2004;37:1551–6.
19. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: Review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1292–301.
20. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, van-Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med.* 1985;6:197–201.
21. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Holmann W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med.* 1985;6:117–30.
22. Figueira TR, Caputo F, Pelarigo JG, Denadai BS. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. *J Sci Med Sport.* 2008;11:280–6.
23. Fontana P, Boutellier U, Knöpfli-Lenzin C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107:187–92.
24. Cohen J. Statistical power analysis for the Behavioral Sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
25. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32:53–73.
26. Seiler S, Hetlelid KJ. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1601–7.
27. Midgley AW, McNaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Med.* 2006;36:117–32.
28. de Lucas RD, Denadai BS, Greco CC. Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente: implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. *Motriz.* 2009;15:810–20.
29. Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, et al. Effect of interval versus continuous training on mitochondrial function in sedentary subjects: Relation to aerobic performance improvements. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2008;295:264–72.

30. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *J Physiol.* 2010;588:1011–22.
31. Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM. Influence of continuous and interval training on oxygen uptake on-kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:504–12.
32. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29:373–86.
33. Gollnick PD, Saltin B. Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin Physiol.* 1982;2:1–12.
34. Spina RJ, Chi MM, Hopkins MG, Nemeth PM, Lowry OH, Holloszy JO. Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7–10 days of cycle exercise. *J Appl Physiol.* 1996;80:2250–4.